

HOLOTHURIES D'INTÉRÊT COMMERCIAL DES RÉCIFS DE L'ARCHIPEL DES
GLORIEUSES (ÎLES ÉPARSES, FRANCE), CANAL DU MOZAMBIQUE : ABONDANCES,
TAILLES ET IMPACT DE LA PÊCHE ILLICITEThierry MULOCHAU¹ & Alexandra GIGOU²¹ BIORECIF, 3 ter rue de l'Albatros. 97434 La Réunion, France. E-mail: biorecif@gmail.com² Parcs naturels marins de Mayotte et des Glorieuses 14, lot. Darine Montjoly – Iloni. 97660 Dembeni. E-mail: alexandra.gigou@aires-marines.fr

SUMMARY.— *Commercial holothurians of the Glorieuses Archipelago (Eparses Islands, France), Mozambique Channel: abundances, sizes and impact of illegal fisheries.*— Due to their isolation, Eparses Islands provide a valuable opportunity to investigate biodiversity in the absence of anthropogenic influence. The Glorieuses Archipelago (11°35' S, 47°18' E) forms part of the Eparses Islands in the north of Mozambique Channel (Western Indian Ocean). The inventory and abundance assessment of the commercial holothurians (Echinodermata), were carried out in October 2015 as part of the PANAMAG (PATrimoine NATurel MARin des Glorieuses) programme. Specimens were identified, photographed and measured in length, on the reef slopes at 22 sites down to 20 m, the inner slopes at 3 sites and the reef flats at 32 sites. Given the worldwide overexploitation of holothurians, it is important to know their present diversity and distribution in such remote areas. The commercial holothurians included 12 species in Glorieuses Islands. Their abundances are low in comparison with some other islands in the SWOI such as Mayotte and Réunion Island. *Bohadschia atra* is the most common and abundant, as in Mayotte and Banc du Geyser, with an average of 118 (± 60.6) individuals by hectare in the inner slopes. Measurements of the length of *B. atra* have shown that the individuals are smaller on reef flats and inner slopes and bigger on the reef slopes. *Actinopyga miliaris* was found for the first time in Glorieuses, however, *Holothuria fuscogilva*, species with high commercial value, has not been found since 2011. The abundances of holothurians are very low in the reef flats of Lys Island, particularly *Holothuria nobilis* (0.3 ind/ha ± 2.6) and *Thelenota ananas* (0 ind/ha). They are species with high commercial values and listed as “endangered” in the IUCN red list indicating an impact of the illegal fisheries in this area of the Glorieuses Islands. Of all the reef flats of the Glorieuses, Lys Island has the lowest abundance of *B. atra*, a species with medium commercial value. *Thelenota ananas* was not found on the reef slopes of Lys Island. Strong action is necessary to stop the illegal fisheries on Lys Island.

RÉSUMÉ.— Les îles Glorieuses (11°35' S, 47°18' E) sont situées dans le nord du canal du Mozambique et appartiennent aux îles Éparses qui sont isolées, éloignées des influences d'origine anthropique, et constituent des sites d'études remarquables pour les suivis de la biodiversité récifale. Le programme d'acquisition de connaissances dans le cadre de la gestion durable du patrimoine naturel marin des Glorieuses s'est déroulé du 27 septembre au 9 octobre 2015 et avait pour objectif d'estimer les abondances des espèces d'holothuries d'intérêt commercial observées et de compléter l'inventaire des *Holothuridae* réalisé lors des missions précédentes. Les holothuries sont actuellement surexploitées sur la plupart des récifs de l'Indo-Pacifique pour fournir les pays asiatiques en *Bêche-de-mer* et les pêcheries d'holothuries dans la zone du sud-ouest de l'océan Indien sont connues pour leur mauvaise gestion des stocks qui a déjà été soulignée dans plusieurs publications. L'échantillonnage a été réalisé sur 22 stations de pente externe, 3 stations de pente interne et 32 stations de platier. Les holothuries d'intérêt commercial sont représentées par 12 espèces aux Glorieuses dont 8 ont été observées lors de cette étude. *Actinopyga miliaris* a été inventoriée pour la première fois aux Glorieuses alors que *Holothuria fuscogilva*, espèce à forte valeur commerciale, n'a pas été revue depuis 2011. Les abondances des holothuries commerciales sont faibles aux Glorieuses en comparaison d'autres îles du sud-ouest de l'océan Indien comme Mayotte ou La Réunion. *Bohadschia atra* est l'espèce la plus abondante et la plus fréquemment observée, ce qui est également le cas sur des sites proches comme à Mayotte et sur le banc du Geyser. Les abondances de cette espèce atteignent une moyenne de 118 ($\pm 60,6$) individus par hectare sur les pentes internes. Les très faibles abondances en holothuries commerciales sur les platiers de l'île du Lys, site éloigné de la Grande Glorieuse et sans présence humaine, sont remarquables. Les abondances d'*Holothuria nobilis* (0,3 ind/ha $\pm 2,6$) et *Thelenota ananas* (0 ind/ha), espèces à forte valeur commerciale et classées dans la catégorie « en danger » sur la liste rouge de l'UICN, sont un indicateur d'un impact de la pêche illícite au niveau de cette zone des Glorieuses. Des mesures rigoureuses doivent être prises pour empêcher cette pêche dans le Parc naturel marin des Glorieuses

Les récifs coralliens constituent les écosystèmes marins les plus riches de la planète (Paulay, 1997 ; Bellwood & Hugues, 2001 ; Quod *et al.*, 2007 ; Obura, 2012) et de nombreux travaux montrent une dégradation croissante de leur état de santé liée aux pressions induites par les activités humaines (cf. Wilkinson, 2008 ; Norström *et al.*, 2009 ; McClanahan *et al.*, 2011).

Les holothuries sont actuellement surexploitées sur la plupart des récifs de l'Indo-Pacifique pour fournir les pays asiatiques en *Bêche-de-mer* (ou Trepang), produit consommé après que les individus aient été vidés, bouillis et séchés (Conand, 2004, 2006, 2008 ; Toral-Granda *et al.*, 2008 ; Purcell *et al.*, 2013 ; Purcell, 2014 ; Eriksson *et al.*, 2015a). Les pêcheries d'holothuries dans la zone du sud-ouest de l'océan Indien ont été étudiées (Conand, 2008) et la mauvaise gestion de leurs stocks déjà soulignée dans plusieurs publications (Conand & Muthiga, 2007 ; FAO, 2013 ; Muthiga & Conand, 2014). Des études comparatives sur la conservation et l'exploitation des holothuries commerciales dans l'océan Indien occidental ont montré l'intérêt de mettre en place des gestions raisonnées afin de préserver les stocks (Cariglia *et al.*, 2013 ; Eriksson *et al.*, 2015b). Concernant les îles Glorieuses, les données sur la pêche illicite, pratiquée essentiellement par les flottilles malgaches dans le nord de cet archipel à partir des années 2000 lorsque les ressources en holothuries d'intérêt commercial ont été surexploitées à Madagascar (Le Manach & Pauly, 2015), sont rares, et les prélèvements effectués sont difficiles à estimer et basés sur les interventions de l'État français dans la Zone Économique Exclusive concernée (<http://www.aires-marines.fr/L-Agence/Organisation/Parcs-naturels-marins/Parc-naturel-marin-des-Glorieuses>).

Dans cet archipel, les premiers travaux sur les échinodermes, et notamment les holothuries, ont été réalisés par Vergonzanne (1977) sur les platiers récifaux, puis d'autres études, effectuées sur les pentes externes et les platiers ont complété l'inventaire (Mulochau & Conand, 2008 ; Conand *et al.*, 2013). D'autres travaux complémentaires liés au GCRMN (Global Coral Reef Monitoring Network) (Conand *et al.*, 1998) ont également permis d'apporter des données sur les échinodermes et notamment les holothuries des Glorieuses. Notre étude s'est déroulée dans le cadre du programme pluridisciplinaire PANAMAG 2015 (PATrimoine NATurel MARin des Glorieuses) - volet « holothuries » - avec pour objectifs :

(i) d'estimer les abondances et les tailles des espèces d'holothuries ayant une forte valeur commerciale telles que *Holothuria nobilis*, *Thelenota ananas*, *Holothuria fuscogilva*, ainsi que celles de valeur commerciale moyenne appartenant aux genres *Actinopyga*, *Bohadschia* et *Holothuria* (Purcell *et al.*, 2012 ; Eriksson & Byrne, 2013).

(ii) de compléter l'inventaire réalisé lors des missions précédentes, Interface et BIORECIE (BIOdiversité, REssources et Conservation des Îles Éparses) (Mulochau & Conand, 2008 ; Conand *et al.*, 2013).

(iii) d'évaluer l'impact de la pêche illicite au niveau de l'île du Lys, dans le nord des Glorieuses (Le Manach & Pauly, 2015 ; TAAF, 2015).

MATÉRIELS ET MÉTHODES

LES ÎLES GLORIEUSES

L'archipel des Glorieuses fait partie, avec Bassas da India, Europa, Juan de Nova et Tromelin, des cinq îles Éparses situées dans l'océan Indien occidental. Les îles Éparses, situées dans le canal du Mozambique, sont isolées, assez peu soumises à des influences anthropiques directes, et constituent des sites d'étude remarquables pour les suivis de la biodiversité récifale (Chabanet *et al.*, 2015 ; Quélet *et al.*, 2016).

Les îles Glorieuses (11°35' S, 47°18' E) sont situées au nord du canal du Mozambique à 258 km au nord-est de Mayotte et 220 km au nord-ouest de Madagascar (Diego Suarez). L'archipel est composé de deux îles coralliennes principales, la Grande Glorieuse, atoll incomplet d'un diamètre de 3 km, et l'île du Lys ou Petite Glorieuse, d'un diamètre de 0.6 km (Fig. 1). Deux enrochements, les Roches Vertes et l'île aux Crabes ainsi que des bancs sableux émergents à marée basse complètent cet archipel. L'ensemble de cette formation corallienne représente une surface de 196 km² (Andrefouët *et al.*, 2009). Cet archipel des Glorieuses a le statut d'aire marine protégée depuis 2012 couvrant une zone économique exclusive de 43 000 km² (<http://www.aires-marines.fr/L-Agence/Organisation/Parcs-naturels-marins/Parc-naturel-marin-des-Glorieuses>).

naturel-marin-des-Glorieuses). L'ambition de ce parc naturel marin est de faire des eaux territoriales de l'archipel des Glorieuses, une zone de protection forte pour la biodiversité marine. La pêche y est déjà strictement interdite par l'arrêté n° 2010-151 du 9 décembre 2010 et l'accès est soumis à autorisation du Préfet, administrateur supérieur des TAAF (Terres Australes et Antarctiques Françaises). La Grande Glorieuse est surveillée en permanence par la présence de contingents militaires, ce qui n'est pas le cas de l'île du Lys qui est éloignée d'environ 10 km dans le nord de l'île principale (Fig. 1) et qui reste difficile à surveiller (TAAF, 2016) en raison de son isolement et de l'absence de zone sécurisée pour le personnel.

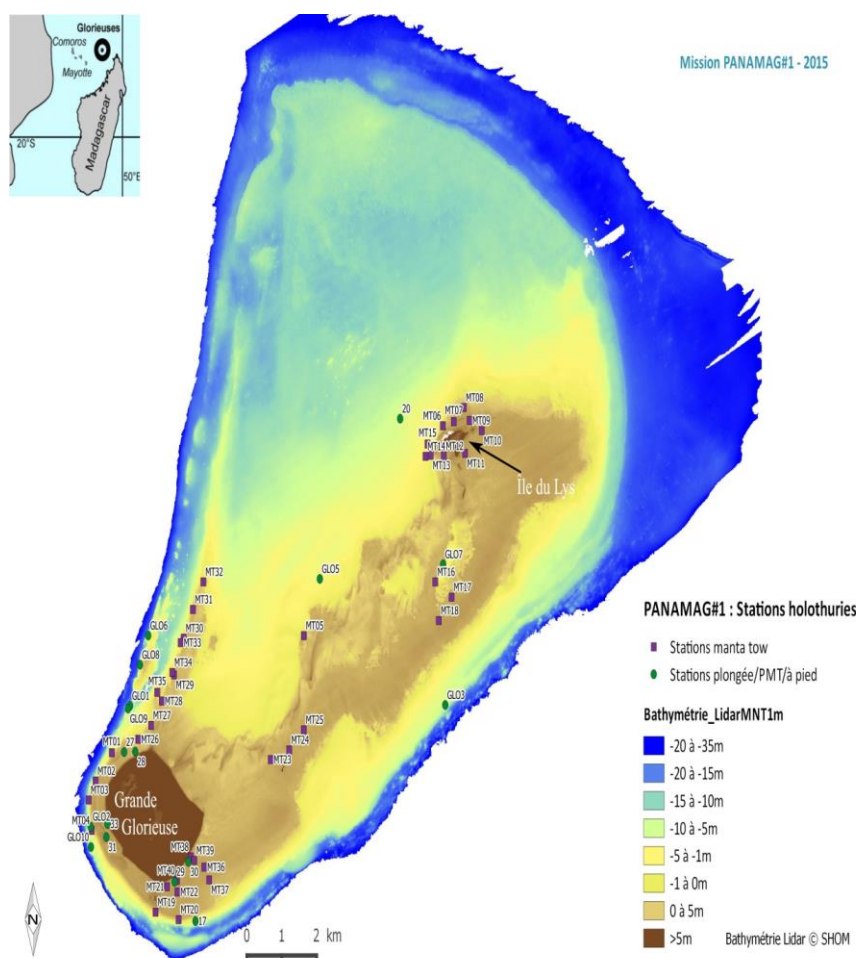


Figure 1.— Situation géographique de l'archipel des Glorieuses dans le canal du Mozambique et emplacement des 57 stations échantillonnées en 2015.

LES RÉCIFS CORALLIENS

La géomorphologie des récifs de l'archipel a notamment été étudiée par Maugé *et al.* (1982), Guillaume *et al.* (2013) et Prat *et al.* (2016). Le projet Millenium a permis, à partir d'environ 1500 images Landsat (30 m de résolution), de découper l'ensemble des récifs coralliens mondiaux en 127 unités géomorphologiques de niveau 4 se combinant avec les niveaux 1, 2 et 3 pour donner 966 classes d'unités récifales géomorphologiques (Andrefouët *et al.*, 2003). Les cinq îles Éparses contiennent un total de 10 classes géomorphologiques de niveau 4 et les surfaces des différentes unités géomorphologiques pour l'archipel des Glorieuses sont de 38,98 km² de platiers, 74,99 km² de terrasses lagonaires peu profondes, 25,05 km² de pentes internes et 21,33 km² de pentes externes. Dans le cadre de cette étude, les terrasses lagonaires peu profondes et les différents platiers ont été regroupés en une seule unité géomorphologique appelée « platier », représentant une surface de 113,97 km².

L'ÉCHANTILLONNAGE

Les stations

L'échantillonnage des holothuries commerciales a été effectué aux Glorieuses du 27 septembre au 9 octobre 2015. L'étude a été réalisée sur 57 stations réparties sur l'ensemble de l'archipel, dont 22 stations en pente externe, 32 stations de platiers et 3 stations de pente interne (Tab. I).

TABLEAU I.

Stations d'échantillonnages des holothuries d'intérêt commercial réalisées aux Glorieuses du 27 septembre au 9 octobre 2015 avec les points GPS en coordonnées WGS84 (longitude Est et la latitude Sud), la profondeur en mètres, les unités géomorphologiques des stations et la technique d'échantillonnage (manta tow, plongée subaquatique et PMT pour Palme Masque Tuba)

Station	Date	Longitude	Latitude	Profondeur	Géomorphologie	Type suivi
MT01	01/10/15	47.286501	-11.569035	12	pente externe	Manta tow
MT02	01/10/15	47.282265	-11.573745	9	pente externe	Manta tow
MT03	01/10/15	47.280468	-11.576918	5	pente externe	Manta tow
MT04	01/10/15	47.281311	-11.58194	10	pente externe	Manta tow
MT05	02/10/15	47.336838	-11.549224	2	platier	Manta tow
MT06	03/10/15	47.373114	-11.51417	2	platier	Manta tow
MT07	03/10/15	47.375981	-11.513453	3	platier	Manta tow
MT08	03/10/15	47.378577	-11.511102	3	platier	Manta tow
MT09	03/10/15	47.38012	-11.513235	4	platier	Manta tow
MT10	03/10/15	47.383332	-11.514885	4	platier	Manta tow
MT11	03/10/15	47.378983	-11.518699	4	platier	Manta tow
MT12	03/10/15	47.373404	-11.519189	4.5	platier	Manta tow
MT13	03/10/15	47.36992	-11.519083	4.5	platier	Manta tow
MT14	03/10/15	47.368582	-11.519276	6	platier	Manta tow
MT15	03/10/15	47.369091	-11.517236	5	platier	Manta tow
MT16	04/10/15	47.37132	-11.540059	4	pente interne	Manta tow
MT17	04/10/15	47.37564	-11.542548	2	platier	Manta tow
MT18	04/10/15	47.372303	-11.546451	2	platier	Manta tow
MT19	05/10/15	47.298211	-11.595364	3	pente externe	Manta tow
MT20	05/10/15	47.304299	-11.596543	3	pente externe	Manta tow
MT21	05/10/15	47.3012	-11.59113	0	platier	Manta tow
MT22	05/10/15	47.30395	-11.59197	0	platier	Manta tow
MT23	06/10/15	47.328295	-11.569828	2	platier	Manta tow
MT24	06/10/15	47.333152	-11.568206	2	platier	Manta tow
MT25	06/10/15	47.336951	-11.564835	2	platier	Manta tow
MT26	06/10/15	47.293428	-11.566754	2.5	platier	Manta tow
MT27	06/10/15	47.296795	-11.564423	2.5	platier	Manta tow
MT28	06/10/15	47.299597	-11.560366	2.5	platier	Manta tow
MT29	06/10/15	47.30275	-11.556005	4	pente externe	Manta tow
MT30	06/10/15	47.305231	-11.549911	5	pente externe	Manta tow
MT31	06/10/15	47.307631	-11.545133	5	pente externe	Manta tow
MT32	06/10/15	47.310352	-11.540545	5	pente externe	Manta tow
MT33	06/10/15	47.30447	-11.550652	5	pente externe	Manta tow
MT34	06/10/15	47.302306	-11.555612	5	pente externe	Manta tow
MT35	06/10/15	47.29836	-11.558933	5	pente externe	Manta tow
MT36	07/10/15	47.310969	-11.587786	1.5	platier	Manta tow
MT37	07/10/15	47.312273	-11.589893	1.5	platier	Manta tow
MT38	07/10/15	47.307388	-11.586125	1.5	platier	Manta tow
MT39	07/10/15	47.308333	-11.586699	1.5	platier	Manta tow
MT40	07/10/15	47.303809	-11.590046	1.5	platier	Manta tow
27	27/09/15	47.28973333	-11.5689	1	platier	Plongée/PMT
28	27/09/15	47.29266667	-11.5688	1	platier	Plongée/PMT
29	28/09/15	47.30318333	-11.59028333	0.5	platier	Plongée/PMT
30	28/09/15	47.30676667	-11.58695	0.5	platier	Plongée/PMT
GLO2	29/09/15	47.28103333	-11.58133333	10	pente externe	Plongée/PMT
GLO1	29/09/15	47.29123333	-11.56121667	12.5	pente externe	Plongée/PMT
33	30/09/15	47.28543333	-11.58085	0	platier	Plongée/PMT
31	30/09/15	47.28518333	-11.58301667	0	platier	Plongée/PMT
GLO5	02/10/15	47.34096667	-11.5398	6.5	pente interne	Plongée/PMT
20	03/10/15	47.36186667	-11.51308333	11	pente externe	Plongée/PMT
GLO7	04/10/15	47.37336667	-11.53711667	4	pente interne	Plongée/PMT
17	05/10/15	47.30873333	-11.59673333	15	pente externe	Plongée/PMT
GLO6	05/10/15	47.29591667	-11.54955	13	pente externe	Plongée/PMT
GLO3	06/10/15	47.37411667	-11.56041667	13	pente externe	Plongée/PMT
GLO8	08/10/15	47.2938	-11.5544	16	pente externe	Plongée/PMT
GLO9	08/10/15	47.29069	-11.56169	16	pente externe	Plongée/PMT
GLO10	09/10/15	47.28113	-11.5847	12	pente externe	Plongée/PMT

Chaque station présente une homogénéité au niveau de l'habitat et des différents paramètres hydrodynamiques et physico-chimiques. Les pentes externes et certains platiers situés à l'est des Glorieuses (Fig.1), exposés au vent et à la houle, n'ont pu être échantillonnés qu'une fois en raison des conditions météorologiques (Station Glo3).

Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé à pied sur les platiers à marée basse, en apnée sur des fonds compris entre 1 et 2 m à marée haute, en « manta tow » (English *et al.*, 2003) pour des fonds compris entre 2 et 6 m, et en plongée subaquatique pour les fonds supérieurs à 6 m. Concernant les stations réalisées à pied, en apnée, et en plongée, un transect de 100 m est déroulé et deux réplicats de 5 m de large situés de part et d'autre du transect sont échantillonnés. Cette opération est effectuée 3 fois sur chaque station, ce qui représente 6 réplicats de 500 m². Concernant les stations « manta tow », méthode recommandée par Friedmann *et al.* (2008) pour le comptage des holothuries commerciales, un observateur se fait tracté par un bateau et la station est découpée en 6 transects de 100 m x 5 m, soit 500 m² chacun. Le tractage se fait à vitesse très lente afin que l'observateur puisse repérer tous les individus et stopper rapidement l'embarcation pour plonger dans le but de mesurer les tailles et déterminer avec certitude les différents spécimens observés. Un pilote et un second observateur sont positionnés sur le bateau, ce qui permet de noter les différentes observations et d'assurer le suivi du positionnement et de la distance à l'aide d'un GPS portable sur lequel la bathymétrie a été intégrée. La surface échantillonnée sur chaque station est de 3000 m² et les observateurs notent et mesurent systématiquement toutes les espèces d'holothuries commerciales rencontrées.

LA SYSTÉMATIQUE DES HOLOTHURIES

De nombreux articles et ouvrages de référence, notamment Massin *et al.* (1999), Samyn *et al.* (2006), Mulochau & Conand (2008), Purcell *et al.* (2012), Conand *et al.* (2013), Mulochau *et al.* (2014) et Conand (2016), ont été utilisés dans le cadre de cette étude pour déterminer les différentes espèces d'holothuries observées aux Glorieuses.

ANALYSES STATISTIQUES

Deux tests statistiques non paramétriques, s'affranchissant des conditions de normalité de distribution des échantillons, sont utilisés :

(i) Le test exact de Fisher permettant de comparer deux échantillons est utilisé en raison des effectifs réduits de certaines populations d'holothuries et afin de tester l'hypothèse d'une répartition significative des différentes espèces d'holothuries en fonction des unités géomorphologiques.

(ii) Le test de Mann-Whitney est utilisé pour comparer et détecter des différences dans les moyennes des tailles de l'espèce *Bohadschia atra* sur les différentes unités géomorphologiques afin de tester l'hypothèse d'une répartition significative en fonction de la taille.

RÉSULTATS

RICHESSSE SPÉCIFIQUE

Huit espèces d'holothuries d'intérêt commercial ont été inventoriées : deux espèces à forte valeur commerciale, *Holothuria nobilis* et *Thelenota ananas*, et six espèces de valeur moyenne, *Bohadschia atra*, *B. subrubra*, *Actinopyga miliaris*, *A. mauritiana*, *Holothuria atra* et *Pearsonothuria graeffei*.

Ces 8 espèces d'intérêt commercial ont toutes été observées sur les pentes externes des récifs des Glorieuses (Fig. 2). *Bohadschia atra*, *B. subrubra*, *Holothuria nobilis*, *H. atra* et *Actinopyga miliaris* ont également été observées sur les platiers récifaux. En revanche, *Bohadschia atra*, *B. subrubra* et *Holothuria nobilis* ont été observées plus fréquemment sur les pentes internes que sur les platiers et pentes externes. *Bohadschia atra* est l'espèce la plus fréquemment rencontrée, particulièrement sur les pentes internes avec 100 % d'observations (Fig.2). *Thelenota ananas* est présente uniquement sur les pentes externes (13,6 %).

Les stations les plus riches en holothuries d'intérêt commercial sont deux stations de pente externe Glo3 et Glo9 (Fig. 1) avec 4 espèces chacune. Aucune holothurie commerciale n'a été observée dans un tiers des stations, soit dans 13 stations de platiers (40,6 %) et 6 de pentes externes (27,3 %).

ABONDANCES

Nous avons recensé 225 individus d'holothuries d'intérêt commercial sur les 57 stations, ce qui représente 3,9 individus/station, soit 13 holothuries par hectare (Fig. 3).

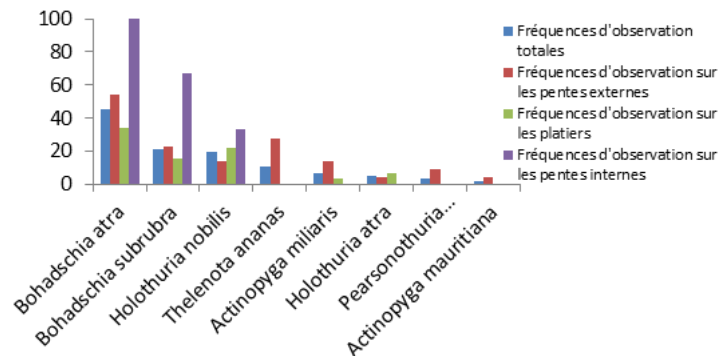


Figure 2.— Fréquences d'observation des holothuries d'intérêt commercial en % du total (nombre de stations dans lesquelles l'espèce a été observée/nombre total de stations) sur les 57 stations des Glorieuses et fréquences d'observation sur les pentes externes, les platiers et les pentes internes (22 stations en pente externe, 32 stations de platiers et 3 stations de pente interne).

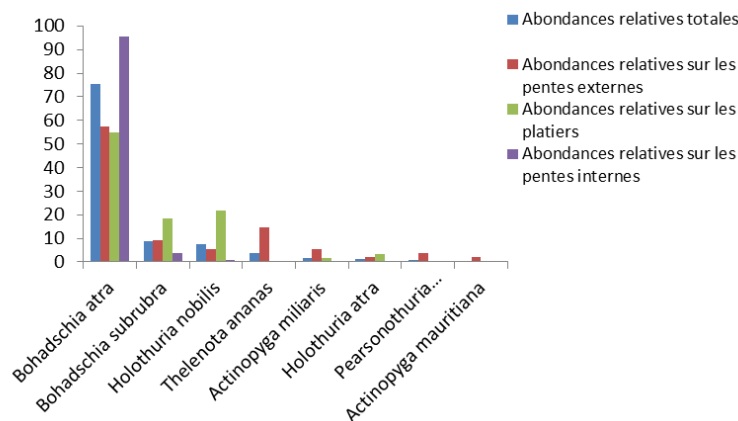


Figure 3.— Abondances relatives en % (nombre d'individus par espèce/nombre total d'holothuries, N = 225) des différentes espèces d'holothuries d'intérêt commercial échantillonnées aux Glorieuses sur 57 stations (22 stations en pente externe, 32 stations de platiers et 3 stations de pente interne).

Bohadschia atra est l'espèce la plus abondante aux Glorieuses que ce soit sur les pentes externes, les platiers ou les pentes internes (75,6 % de l'abondance relative totale). Cette holothurie présente une abondance relative de 95,5 % sur les pentes internes avec 106 individus observés sur 3 stations (Glo5, Glo7 et GloMT16), soit 118 *B. atra*/hectare de pente interne des récifs. Cette holothurie est significativement plus abondante sur les pentes internes que sur les pentes externes et les platiers (Test de Fisher, $p < 0,01$). Trois autres espèces d'intérêt commercial dominant ensuite le peuplement : (1) *Bohadschia subrubra* (8,9 % de l'abondance totale) est présente sur les platiers et les pentes externes sans privilégier l'un de ces deux milieux (Test de Fisher, $p \geq 0,05$), (2) *Holothuria nobilis* (7,6 % de l'abondance totale) qui est plus abondante sur les platiers récifaux que sur les pentes externes (Test de Fisher, $p = 0,015$) et (3) *Thelenota ananas* (3,6 % de l'abondance totale) qui colonise apparemment uniquement les pentes externes (Tab. II). Les quatre dernières espèces recensées, *Actinopyga miliaris* (1,8 %), *A. mauritiana* (0,4 %), *Holothuria atra* (1,3 %) et *Pearsonothuria graeffei* (0,9 %) présentent des abondances très faibles sur les 57 stations échantillonnées (Fig. 3).

TABLEAU II

Estimation des abondances moyennes (\pm écarts-types et pour N individus) (en nombre d'individus par hectare) des 4 espèces d'holothuries d'intérêt commercial les plus abondantes des 57 stations échantillonnées aux Glorieuses et par unité géomorphologique

	Pentes externes	Platiers	Pentes internes
<i>Bohadschia atra</i>	4,7 ind/ha \pm 6,1 (N = 31)	3,4 ind/ha \pm 6,8 (N = 33)	118 ind/ha \pm 60,6 (N = 106)
<i>Bohadschia subrubra</i>	0,8 ind/ha \pm 1,4 (N = 5)	1,1 ind/ha \pm 3,4 (N = 11)	4,4 ind/ha \pm 8,6 (N = 4)
<i>Holothuria nobilis</i>	0,5 ind/ha \pm 1,2 (N = 3)	1,4 ind/ha \pm 3,4 (N = 13)	1,1 ind/ha \pm 4,7 (N = 1)
<i>Thelenota ananas</i>	1,2 ind/ha \pm 2,4 (N = 8)	0	0

TAILLES

Tous les individus appartenant aux quatre espèces d'holothuries d'intérêt commercial les plus communes aux Glorieuses ont été mesurés (Tab. III).

TABLEAU III

Longueurs totales moyennes en cm (\pm écarts-types et pour N individus) des quatre espèces d'holothuries d'intérêt commercial les plus fréquemment observées aux Glorieuses

	<i>Bohadschia atra</i> (N = 142)	<i>Bohadschia subrubra</i> (N = 19)	<i>Holothuria nobilis</i> (N = 18)	<i>Thelenota ananas</i> (N = 8)
Taille moyenne (cm)	29,6 \pm 7,4	26,4 \pm 6,0	29,8 \pm 4,8	58,8 \pm 11,8

La taille moyenne de *Bohadschia atra* est de 29,6 cm (\pm 7,4), la distribution unimodale des fréquences de sa longueur présente des effectifs compris entre 15 et 62 cm (Fig. 4).

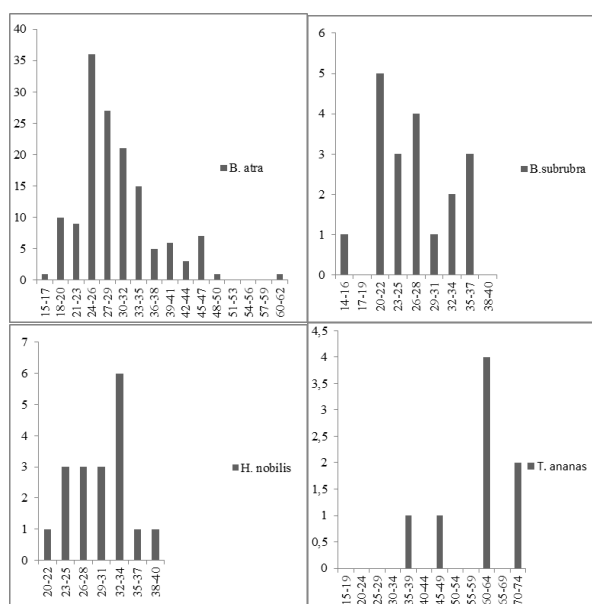


Figure 4.— Distribution des fréquences des longueurs en cm pour les quatre espèces d'holothuries d'intérêt commercial les plus fréquemment observées aux Glorieuses (*Bohadschia atra*, N = 142 ; *B. subrubra*, N = 19 ; *Holothuria nobilis*, N = 18 ; *Thelenota ananas*, N = 8).

L'effectif important échantillonné pour cette espèce (N = 142) a permis de différencier les tailles observées par unités géomorphologiques (Fig. 5). Les longueurs de *B. atra* sont

significativement plus importantes sur les pentes externes que sur les platiers ou les pentes internes (Test de Mann Whitney avec $p \leq 0,05$). Il n'y a en revanche pas de différence de taille entre les individus présents sur les platiers et ceux sur les pentes internes ($p \geq 0,05$).

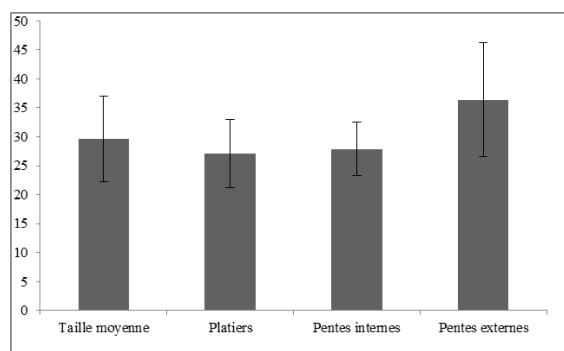


Figure 5.— Tailles moyennes en cm (\pm écarts-types) de *Bohadschia atra* sur l'ensemble des stations et par unité géomorphologique sur l'archipel des Glorieuses.

La taille moyenne de *Holothuria nobilis* est de 29,8 cm ($\pm 4,8$) et la distribution des fréquences de sa longueur est unimodale contrairement à celle de *B. subrubra* qui semble multimodale et avec une taille moyenne de 26,4 cm ($\pm 6,0$), ces résultats restant à confirmer en raison des faibles effectifs observés pour ces deux espèces (Fig. 4). Parmi les 8 individus de *Thelenota ananas* observés sur les pentes externes, les deux plus longs mesuraient 70 cm.

DISCUSSION

Les huit espèces d'holothuries d'intérêt commercial observées lors de cette campagne (Tab. IV) avaient déjà été recensées dans les études antérieures (Mulochau & Conand, 2008 ; Conand *et al.*, 2013) à l'exception d'*Actinopyga miliaris* qui complète donc l'inventaire des holothuries effectué lors de la mission BIORECIE (Conand *et al.*, 2013). Cette espèce est présente dans le sud-ouest de l'océan Indien (Conand *et al.*, 2016) et notamment aux Comores (Samyn *et al.*, 2006), sur le banc du Geyser situé à 120 km au sud-ouest des Glorieuses (Mulochau, obs. pers.), à Mayotte (Eriksson *et al.*, 2012) et à Juan de Nova (Mulochau *et al.*, 2014). Plusieurs espèces d'holothuries commerciales, dont les abondances et les observations semblent très faibles aux Glorieuses, n'ont pas été trouvées lors de cette mission : *Holothuria fuscogilva*, espèce à forte valeur commerciale (Purcell *et al.*, 2013), observée en pente externe en 2011 (obs. pers), ainsi que *Bohadschia koellikeri* sur un platier de la Grande Glorieuse et *Stichopus chloronotus* sur un platier des Roches Vertes en 2012 (Conand *et al.*, 2013), avec pour chacune de ces trois espèces un seul individu observé lors des missions précédentes.

En tenant compte des différentes études sur les holothuries des Glorieuses, 12 espèces d'intérêt commercial ont été recensées (Tab. IV). En comparaison avec des sites géographiquement proches, Eriksson *et al.* (2012) ont observé 18 espèces d'holothuries de forte et moyenne valeur commerciales à Mayotte, Samyn *et al.* (2006) ont inventorié une trentaine d'espèces d'intérêt commercial aux Comores et Mulochau *et al.* (2007 et obs. pers.) 8 espèces sur les bancs du Geyser et de la Zélée. Ces données ne tiennent pas compte des espèces à plus faible valeur commerciale ou sans valeur (Conand, 2008 ; Purcell *et al.*, 2012). Les richesses spécifiques en holothuries d'intérêt commercial des bancs et îles éloignés des influences littorales semblent plus faibles que celles trouvées sur les archipels et les côtes présentant une diversité d'habitats plus importante (Andréfouët, 2012), sans nul doute influencés par les apports organiques littoraux

(Conand & Frouin, 2007). Cependant, l'inventaire des holothuries d'intérêt commercial des Glorieuses est vraisemblablement sous-estimé en raison d'un nombre d'études plus faible sur ces bancs et îles éloignés.

TABLEAU IV

Holothuries d'intérêt commercial (Purcell et al., 2012 & 2013 ; Purcell, 2014) observées aux Glorieuses en 2015 (« cette étude »), 2012 (Conand et al., 2013), 2011 (obs. pers.), 2008 (Mulochau & Conand, 2008) et 1977 (Vergonzannes, 1977)

	1977	2008	2011	2012	« cette étude »	Valeur commerciale
<i>Actinopyga mauritiana</i>				x	X	Moyenne
<i>Actinopyga miliaris</i>					X	Moyenne
<i>Bohadschia atra</i>		x	x	x	X	Moyenne
<i>Bohadschia koellikeri</i>				x		Faible
<i>Bohadschia marmorata</i> ?	x					Faible
<i>Bohadschia subrubra</i>		x	x	x	X	Moyenne
<i>Holothuria atra</i>			x	x	X	Faible
<i>Holothuria fuscogilva</i>			x			Forte
<i>Holothuria nobilis</i>		x	x	x	X	Forte
<i>Pearsonothuria graeffei</i>			x	x	X	Faible
<i>Stichopus chloronotus</i>			x	x		Faible
<i>Thelenota ananas</i>			x	x	X	Forte

Bohadschia atra, espèce décrite récemment (Massin *et al.*, 1999), est l'espèce la plus abondante et la plus fréquemment rencontrée, ce qui est également le cas à Mayotte (Pouget, 2005 ; Eriksson, 2012) et sur le banc du Geyser (Mulochau *et al.*, 2007 et obs. pers.). Avec 118 (\pm 60,6) individus par hectare sur les pentes internes des Glorieuses, *B. atra* semble plus abondante qu'à Mayotte concernant cette unité géomorphologique où 75 % des valeurs observées sont comprises entre 10 et 40 ind/ha (Eriksson *et al.*, 2012). Les abondances de cette espèce semblent par contre plus faibles qu'à Mayotte en ce qui concerne les platiers et les pentes externes puisque les valeurs observées aux Glorieuses sont en moyenne respectivement de 3,4 et 4,7 ind/ha, alors qu'à Mayotte les valeurs sont comprises entre 10 et 75 ind/ha pour 75 % des densités de cette espèce sur les platiers et entre 10 et 25 ind/ha pour 100 % des valeurs observées sur les pentes externes. Concernant les autres espèces d'holothuries d'intérêt commercial, les abondances associées aux différentes unités géomorphologiques aux Glorieuses semblent plus faibles que sur d'autres îles du sud-ouest de l'océan Indien comme Mayotte ou La Réunion (Conand *et al.*, 2010).

Les abondances relatives des quatre espèces d'holothuries d'intérêt commercial les plus fréquentes échantillonnées en 2008 (Mulochau & Conand) et en 2015 (Tab. V) ont permis de dégager certains résultats et tendances, bien que l'échantillonnage de 2008 ait été moins important avec 9 stations situées sur les récifs de la Grande Glorieuse, dont 4 en pente externe et 5 sur les platiers.

TABLEAU V

Abondances relatives en % (nombre d'individus par espèce/nombre total d'holothuries) de 4 espèces d'holothuries d'intérêt commercial par type d'unité géomorphologique (platiers (PL), pentes externes (PE)) de la Grande Glorieuse en 2008 et 2015

	<i>Bohadschia atra</i>	<i>Bohadschia subrubra</i>	<i>Holothuria nobilis</i>	<i>Thelenota ananas</i>
Abondances relatives en % en 2008	PL = 0 PE = 78,6	PL = 1,6 PE = 14,2	PL = 98,4 PE = 7,1	PL = 0 PE = 0
Abondances relatives en % en 2015	PL = 42,9 PE = 64,5	PL = 28,6 PE = 6,5	PL = 28,6 PE = 9,7	PL = 0 PE = 19,4

Cette comparaison permet d'affirmer que :

- Les abondances de *B. atra* sont faibles sur les stations situées sur les platiers sud-est, ouest et sud-ouest de la Grande Glorieuse. L'effort d'échantillonnage permet d'expliquer la différence entre les résultats de 2008 et 2015 (9 stations en 2008 vs 57 stations en 2015).

- La baisse des abondances relatives de *H. nobilis* sur les platiers, et notamment la diminution des abondances de cette espèce sur les stations situées sur les platiers sud-est de la Grande Glorieuse, pourrait s'expliquer également par un échantillonnage plus important en 2015, relativisant les abondances relatives observées en 2008 pour cette espèce. D'autres hypothèses pourraient être avancées, comme la migration de certains individus ou la pêche illicite très peu probable dans cette zone en raison de la surveillance permanente sur la Grande Glorieuse. Cette tendance à la baisse des abondances de *H. nobilis* dans ce secteur et ces hypothèses sont à suivre dans les futures études afin d'être confirmées.

- *T. ananas* est présente sur les pentes externes de la Grande Glorieuse avec des abondances très faibles et qu'elle n'avait pas été observée en 2008 certainement en raison d'un échantillonnage moins important.

L'étude de 2008 s'étant limitée aux platiers et pentes externes de la Grande Glorieuse, cette comparaison ne peut pas être faite pour l'île du Lys, ni pour les pentes internes des Glorieuses. De plus cette comparaison ne concerne que les abondances relatives, il sera donc important de mener des études permettant d'avoir des paramètres robustes, comme en 2015, afin de suivre les abondances des holothuries commerciales sur l'ensemble de l'archipel des Glorieuses.

Il semble que la pêche illicite soit inexistante autour de la Grande Glorieuse mais présente sur l'île du Lys depuis plusieurs années (Le Manach & Pauly, 2015 ; TAAF, 2015 ; obs. pers). En l'absence de « point zéro » avant le début de cette pêche illégale autour de l'île du Lys, il est difficile d'en mesurer l'impact. Aucune espèce d'holothuries commerciales n'a été observée sur les pentes externes de l'île du Lys, dont l'habitat semble essentiellement constitué d'herbiers à *Thalassia* spp., qui devraient pourtant constituer un biotope favorable aux holothuries (Conand, 2008). Il sera intéressant d'effectuer des suivis de cette unité géomorphologique dans ce secteur lors des prochaines études.

Les platiers et pentes externes de l'île du Lys semblant impactés par la pêche illicite, certains indicateurs de cette pêche concernant les trois espèces listées ci-dessous pourraient être utilisés dans les futures études et pour la gestion du Parc naturel marin des Glorieuses :

- *Holothuria nobilis* : ses très faibles abondances sur les platiers de l'île du Lys (0,3 ind/ha \pm 1,1) pourraient être un indicateur de cette pêche. Aux Glorieuses, cette espèce est plus abondante sur les platiers que sur les pentes externes, et présente les abondances les plus faibles sur les platiers de l'île du Lys (Tab. VI).

- *Thelenota ananas* : absente des platiers, n'a également pas été observée sur les pentes externes de l'île du Lys contrairement aux autres pentes externes des Glorieuses.

- *Bohadschia atra* : espèce la plus représentée aux Glorieuses, ses abondances pourraient servir d'indicateur de l'impact de la pêche autour de l'île du Lys et sur les pentes externes proches de ce secteur. Cette espèce présente l'abondance moyenne la plus faible au niveau des platiers de l'île du Lys comparativement à l'ensemble des autres platiers prospectés (Tab. VI).

TABLEAU VI

Abondances moyennes en nombre d'individus par hectare (ind/ha) (\pm écarts-types) de quatre espèces d'holothuries commerciales sur les platiers de l'île du Lys et sur l'ensemble des autres platiers de l'archipel des Glorieuses en 2015

	<i>Bohadschia atra</i>	<i>Bohadschia subrubra</i>	<i>Holothuria nobilis</i>	<i>Thelenota ananas</i>
Abondances sur les platiers de l'île du Lys	1,3 ind/ha \pm 2,3	0,6 ind/ha \pm 1,4	0,3 ind/ha \pm 1,1	0
Abondances sur les autres platiers	4,4 ind/ha \pm 7,9	1,4 ind/ha \pm 4,1	1,8 ind/ha \pm 3,9	0

Ces résultats confirmeraient l'impact de la pêche sur les stocks des holothuries d'intérêt commercial autour de l'île du Lys. Il faut cependant continuer à étudier l'écologie et la biologie de ces espèces pour mieux appréhender leurs déplacements et leurs zones préférentielles d'évolution au sein des écosystèmes récifaux et des différents habitats représentés au sein de chaque unité géomorphologique (Guille *et al.*, 1986 ; Purcell *et al.*, 2012).

Concernant la taille des holothuries commerciales mesurées, plusieurs hypothèses peuvent être avancées afin d'expliquer que les tailles des *B. atra* soient significativement plus importantes sur les pentes externes que sur les platiers et les pentes internes : (i) une migration durant la croissance avec des individus plus jeunes sur les platiers que sur les pentes externes (Uthicke & Benzie, 1999 ; Eriksson *et al.*, 2013), (ii) des dates de recrutements différents et (iii) une différence du taux de croissance en rapport avec des milieux différents. Ces hypothèses pourraient être vérifiées par le marquage d'un certain nombre d'individus. Le manque d'effectifs des autres espèces ne nous a pas permis de faire ressortir des hypothèses sur leur distribution en fonction de leur taille. L'étude de la longueur moyenne et de la biomasse des différentes espèces d'holothuries d'intérêt commercial est importante dans les zones protégées afin de les comparer avec les sites impactés par les surexploitations (Uthicke & Benzie, 2001 ; Carleton *et al.*, 2013). La comparaison des longueurs des holothuries observées autour de l'île du Lys, impactée par la pêche (Le Manach & Pauly, 2015 ; TAAF, 2015 ; obs. pers), à celles des sites non impactés autour de la Grande Glorieuse, n'a pas pu être effectuée en raison du nombre d'effectifs très réduits autour de l'île du Lys. Cependant, les holothuries observées sur ces platiers ne présentent pas une taille moyenne plus faible.

Le plan de gestion 2015-2030 (http://www.consultations-publiques.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/plan_de_gestion_Parc_naturel_marin_Glorieuses.pdf) du Parc naturel marin des Glorieuses vise, dans l'une de ses orientations de gestion, la protection du patrimoine naturel, et notamment de garantir dans son périmètre le bon état de conservation des espèces peu étudiées comme les holothuries. Parmi les principes d'action figurent l'amélioration des connaissances et l'appui à la mise en place de mesures de protection particulières en fonction des menaces pesant sur les espèces remarquables. Aux Glorieuses, sur les 20 espèces recensées, 12 sont identifiées comme espèces commerciales (Conand *et al.*, 2013). Les espèces *Holothuria nobilis* et *Thelenota ananas* sont classées dans la catégorie « En danger » sur la liste rouge de l'UICN (Conand *et al.*, 2014), ce sont des espèces confrontées à un risque très élevé d'extinction en raison de leur surpêche. *Actinopyga mauritiana*, *A. miliaris* et *Holothuria fuscogilva* sont également présentes dans cette liste et classées dans la catégorie « Vulnérable ». Dans ce contexte, il paraît urgent de prendre des mesures rigoureuses pour empêcher la pêche illicite des holothuries au niveau de cette aire marine protégée, notamment dans les eaux peu profondes de tout l'archipel et plus particulièrement sur les platiers et pentes externes de l'île du Lys (TAAF, 2016). D'autre part, l'épuisement des espèces d'holothuries à haute valeur commerciale implique une exploitation plus importante des espèces à valeur commerciale plus faible et sans valeur (Conand, 2004 ; Purcell *et al.*, 2012 ; Eriksson & Byrne, 2013). C'est pourquoi les mesures prises doivent donc concerner l'ensemble des espèces. Cette étude de 2015 devrait offrir un socle solide permettant une meilleure approche de l'évolution temporelle des stocks d'holothuries, qui pourrait alors servir d'indicateur permettant une meilleure gestion de l'archipel notamment via le renforcement du contrôle et de la surveillance dans certaines zones.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Parc naturel marin des Glorieuses et l'Agence des aires marines protégées pour avoir financé et permis la réalisation de cette mission. Nous remercions les TAAF (Terres Australes et Antarctiques Françaises) pour leur support logistique et administratif ainsi que les Forces Armées de la Zone Sud Océan Indien (FAZSOI) pour leur aide logistique et leur accueil sur les îles Glorieuses. Nous remercions tous les scientifiques de la mission (Katia Ballorain, Eric Brenner, Mayeul Dalleau, Marine Dedeken, Claire Jean, Clément Lelabousse, Clément Quetel) pour leur aide et

disponibilité, leurs observations et leurs photos. Nous remercions également l'ensemble de l'équipage du navire Antsiva pour son professionnalisme et trois relecteurs anonymes pour leurs utiles commentaires et suggestions.

RÉFÉRENCES

- ANDREFOUËT, S. (2012).— *Mozambique Channel coral reef habitat mapping*. Report to Collecte Localisation Satellites, IRD, Nouméa.
- ANDREFOUËT, S., CHAGNAUD, N. & KRANENBURG, C.J. (2009).— *Atlas of Western Indian Ocean coral reefs*. Centre IRD-Nouméa, Nouvelle-Calédonie.
- ANDREFOUËT, S., KRAMER, P., TORRES-PULLIZA, D., JOYCE K.E., HOCHBERG, E.J., GARZA-PEREZ, R., MUMBY, P.J., RIEGL, B., YAMANO, H., WHITE, W.H., ZUBIA, M., BROCK, J.C., PHINN, S.R., NASEER, A., HATCHER, B.G. & MULLER-KAGGER, F.E. (2003).— Multi-site evaluation of IKONOS data for classification of tropical coral reef environments. *Rem. Sens. Envir.*, 88:128-143.
- BELLWOOD, D.R. & HUGHES, T.P. (2001).— Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. *Science*, 292: 1532-1534.
- CARIGLIA, N., WILSON, S.K., GRAHAM, N.A.J., FISHER, R., ROBINSON, J., AUMEERUDDY, R., QUATRE, R. & POLUNIN, N.V.C. (2013).— Sea cucumbers in the Seychelles: effects of marine protected areas on high-value species. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, 23: 418-428. doi: 10.1002/aqc.2316.
- CARLETON, C., HAMBREY, J., GOVAN, H., MEDLEY, P. & KINCH, J. (2013).— Gestion efficace des pêcheries d'holothuries et du commerce de la bêche-de-mer en Mélanésie. *Lettre d'information sur les pêches de la CPS*, 140: 24-42.
- CHABANET, P., BIGOT, L., NICET, J.-B., DURVILLE, P., MASSE L., MULOCHAU, T., RUSSO, C., TESSIER, E. & OBURA, D. (2015).— Coral reef monitoring in the Iles Eparses, Mozambique Channel (2011-2013). *Acta Oecol.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2015.10.010>
- CONAND, C. (2004).— Present status of world sea cucumber resources and utilisation, an international overview: Pp 13-23 In: A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel & A. Mercier (eds). *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper, 463.
- CONAND, C. (2006).— Harvest and trade: Utilization of sea cucumbers; sea cucumber fisheries; current international trade; illegal, unreported and unregulated trade; by-catch; socio-economic characteristics of the trade in sea cucumbers. Pp 51-73 In: A.W. Bruckner (ed.). *Proceedings of the CITES workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuriidae and Stichopodidae*. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-34, USA.
- CONAND, C. (2008).— Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Africa and Indian Ocean. Pp 153-205 In: V. Toral-Granda, A. Lovatelli & M. Vasconcellos (eds). *Sea cucumbers. A global review on fishery and trade*. FAO Fisheries Technical Paper No. 516. Rome, FAO. <http://www.fao.org/docrep/011/i0375e/i0375e00.htm>
- CONAND, C., CHABANET, P., QUOD, J.P. & BIGOT, L. (1998).— *Manuel méthodologique pour le suivi de l'état de santé des récifs coralliens du sud-ouest de l'océan Indien*. Commission de l'océan Indien.
- CONAND, C. & FROUIN, P. (2007).— Sea cucumbers in La Réunion. Pp 21-29 In: C. Conand & N.A. Muthiga (eds.). *Commercial sea cucumbers: a review for the Western Indian Ocean*. WIOMSA Book Series 5.
- CONAND, C., MICHONNEAU, F., PAULAY, G. & BRUGGEMANN, H. (2010).— Diversity of the holothuroid fauna (Echinodermata) in La Réunion (Western Indian Ocean). *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 9: 145-151.
- CONAND, C., MULOCHAU, T. & CHABANET, P. (2013).— Holothurian (Echinodermata) diversity in the Glorieuses Archipelago (Eparses Islands, France, Mozambique Channel). *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 12: 71-78.
- CONAND, C., MULOCHAU, T., STHÖR, S., ELEAUME, M. & CHABANET, P. (2016).— Inventory of echinoderms in the Iles Eparses (Europa, Glorieuses, Juan de Nova), Mozambique Channel, France. *Acta Oecol.*, 72: 53-61.
- CONAND, C. & MUTHIGA, N. (2007).— *Commercial sea cucumbers: A review for the Western Indian Ocean*. WIOMSA Book Series No. 5.
- CONAND, C., POLIDORO, B.A., MERCIER, A., GAMBOA, R.U., HAMEL, J.-F. & PURCELL, SW. (2014).— The IUCN Red List assessment of aspidochirotid sea cucumbers and its implications. *Bêche-de-mer Inform. Bull.*, 34: 3-7.
- ENGLISH, S., WILKINSON, C. & BAKER, V. (2003).— *Survey manual for tropical marine resources*. 2nd edn. ASEAN-Australian Marine Science Project, Living Coastal Resources, AIMS, Townsville
- ERIKSSON, H. & BYRNE, M. (2013).— The sea cucumber fishery in Australia's Great Barrier Reef Marine Park follows global patterns of serial exploitation. *Fish and Fisheries* [doi: 10.1111/faf.12059].
- ERIKSSON, H., BYRNE, M. & DE LA TORRE-CASTRO, M. (2012).— Sea cucumber (Aspidochirotida) community, distribution and habitat utilization on the reefs of Mayotte, Western Indian Ocean. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 452: 159-170.
- ERIKSSON, H., CONAND, C., LOVATELLI, A., MUTHIGA, N. & PURCELL, S. (2015a).— Governance structures and sustainability in Indian Ocean sea cucumber fisheries. *Marine Policy*, 56: 16-22.
- ERIKSSON, H., THORNE, B. & BYRNE, M. (2013).— Population metrics in protected commercial sea cucumber populations (curryfish: *Stichopus herrmanni*) on One Tree Reef, Great Barrier Reef. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 473: 225-234.

- ERIKSSON, H., TORRE-CASTRO, M., PURCELL, S.W. & OLSON, P. (2015b).— Lessons for resource conservation from two contrasting small-scale fisheries. *Ambio*, 44: 204-213.
- FAO. (2013).— *Report on the FAO Workshop on sea cucumber fisheries: An ecosystem approach to management in the Indian Ocean (SCEAM Indian Ocean)*. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1038.
- FRIEDMAN, K., PURCELL, S.W., BELL, J. & HAIR, C. (2008).— *Sea cucumber fisheries: a manager's toolbox*. Monograph Series 135, Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra.
- GUILLAUME, M.M.M., REYSS, J.L., PIRAZZOLI, P.A. & BRUGGEMANN, J.H. (2013).— Tectonic stability since the last interglacial offsets the Glorieuses Islands from the nearby Comoros archipelago. *Coral Reefs*, 32: 719-726.
- GUILLÉ, A., LABOUE, P. & MENOU, J.-L. (1986).— *Handbook of the sea-stars, sea-urchins and related echinoderms of New-Caledonia lagoon*. Paris: ORSTOM.
- LE MANACH, F. & PAULY, D. (2015).— First estimate of unreported catch in the French Îles Éparses, 1950 – 2010. Pp. 27-35 In: F. Le Manach & D. Pauly (eds). *Fisheries catch reconstructions in the Western Indian Ocean, 1950–2010*. Fisheries Centre Research Reports 23(2). Fisheries Centre, University of British Columbia [ISSN 1198–6727].
- MASSIN, C., ROSOLOFONIRINA, R., CONAND, C. & SAMYN, Y. (1999).— A new species of *Bohadchia* (Echinodermata, Holothuroidea) from the Western Indian Ocean with a redescription of *Bohadchia subrubra* (Quoy & Gaimard, 1833). *Bull. Inst. R. Sci. Nat. Belgique, Biologie*, 69: 151-160.
- MAUGÉ, L.A., SEGOUFIN, J., VERNIER, E. & FROGET, C. (1982).— Géomorphologie et origine des bancs du nord-est du canal de Mozambique — Océan Indien occidental. *Mar. Geol.*, 47: 37-55.
- MCCLANAHAN, T.R., MAINA, J.M. & MUTHIGA, N.A. (2011).— Associations between climate stress and coral reef diversity in the western Indian Ocean. *Global Change Biol.*, 17: 2023-2032.
- MULOCHAU, T. & CONAND, C. (2008).— Holothurians and other echinoderms of the Glorieuses Islands (Scattered Islands of the Indian Ocean). *SPC Bêche-de-mer Inform. Bull.*, 28: 34-39.
- MULOCHAU, T., CONAND, C. & QUOD, J.P. (2007).— Les holothuries et autres échinodermes du banc de Geyser. *SPC Bêche-de-mer Inform. Bull.*, 26: 7-13.
- MULOCHAU, T., CONAND, C., STÖHR, S., ELEAUME, M. & CHABANET, P. (2014).— A first inventory of Echinodermata at Juan de Nova (Îles Éparses, France) in the Mozambique Channel Juan de Nova. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.*, 13: 23-30.
- MUTHIGA, N. & CONAND, C. (2014).— *Sea cucumbers in the western Indian Ocean: Improving management of an important but poorly understood resource*. WIOMSA Book Series No. 14.
- NORSRTÖM, A.V., NYSTRÖM, M., LOKRANTZ, J. & FOLKE, C. (2009).— Alternative states on coral reefs: beyond coral-macroalgal phase shifts. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 376: 295-306.
- OBURA, D. (2012).— The diversity and biogeography of Western Indian Ocean reef-building corals. *PLoS ONE* 7(9): e45013. doi:10.1371/journal.pone.0045013.
- PAULAY, G. (1997).— Diversity and distribution of reef organisms. Pp 298-373 In: C. Birkeland (ed.). *Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall, London, UK.
- POUGET, M. (2005).— Abundance and distribution of holothurians on the fringing reef flats of Grande Terre, Mayotte, Indian Ocean. *SPC Bêche-de-mer Inform. Bull.*, 21: 22-26.
- PRAT, S., JORRY, S.J., JOUET, G., CAMOIN, G., VELLA, C., LE ROY, P., CALINE, B., BOICARD, R. & PASTOL, Y. (2016).— Geomorphology and sedimentology of a modern isolated carbonate platform: The Glorieuses archipelago, SW Indian Ocean. *Mar. Geol.*, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2016.04.009>.
- PURCELL, S.W. (2014).— Value, market preferences and trade of Beche-de-Mer from Pacific Island Sea Cucumbers. *PLoS ONE*, 9(4): e95075. doi:10.1371/journal.pone.0095075.
- PURCELL, S.W., MERCIER, A., CONAND, C., HAMEL, J.-F., TORAL-GANDA, V., LOVATELLI, A. & UTHICKE, S. (2013).— Sea cucumber fisheries: Global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish and Fisheries*, 14: 34-59.
- PURCELL, S.W., SAMYN, Y. & CONAND, C. (2012).— *Commercially important sea cucumbers of the world*. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes 6.
- QUETEL, C., MARINESQUE, S., RINGLER, D., FILLINGER, L., CHANGEUX, T., MARTEAU, C. & TROUSSELLIER, M. (2016).— Îles Éparses (SW Indian Ocean) as reference ecosystems for environmental research. *Acta Oecol.*, 72: 1-8.
- QUOD, J.P., BARRERE, A., CHABANET, P., DURVILLE, P., NICET, J.-B. & GARNIER, R. (2007).— La situation des récifs coralliens des îles Éparses françaises de l'océan Indien. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 62: 3-16.
- SAMYN, Y., VANDENSPIEGEL, D. & MASSIN, C. (2006).— Taxonomie des holothuries des Comores. *Abc Taxa*, vol 1: i-iii. www.abctaxa.be/downloads/volume-1-taxonomie-desholothuries-des-comores.
- TAAF (2015).— *Terres Australes et Antarctiques Françaises. Opération de lutte contre la pêche illégale aux îles Éparses* (disponible sur le site <http://www.defense.gouv.fr/actualites/communaute-defense/fazsoi-peche-illicite-dans-l-archipel-des-glorieuses>).

- TAAF (2016).— *Terres Australes et Antarctiques Françaises. Des moyens supplémentaires pour améliorer la surveillance des îles Éparses.* (disponible sur le site <http://www.taaf.fr/Des-moyens-supplementaires-pour-ameliorer-la-surveillance-des-iles-Eparses>).
- TORAL-GRANDA, V., LOVATELLI, A. & VASCONCELLOS, M. (2008).— *Sea cucumbers. A global review on fishery and trade.* FAO Fisheries Technical Paper 516.
- UTICHKE, S., & BENZI, J. (1999).— Variation des allozymes en tant qu'outil de gestion des pêcheries de concombres de mer : l'exemple de *Holothuria scabra*. *La Bêche de mer – Bulletin de la CPS* n° 12.
- UTHICKE, S., & BENZI, J. (2001).— Effect of bêche-de-mer fishing on densities and size structure of *Holothuria nobilis* (Echinodermata: Holothuroidea) populations on the Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 19: 271-276.
- VERGONZANNE, G. (1977).— *Étude sur les mollusques et les échinodermes récifaux des îles Glorieuses (nord-ouest de Madagascar). Bionomie et évaluations quantitatives.* Thèse de 3ème cycle d'Océanographie, Université de Bretagne occidentale, Brest.
- WILKINSON, C. (2008).— *Status of coral reefs of the world: 2008.* Global Coral Reef Monitoring Network Reef and Rainforest Research Centre, Townsville.